

課題名 (タイトル) :

重イオン加速器科学における多粒子シミュレーション

利用者氏名 : 福西 暢尚

所属 : 和光研究所 仁科加速器研究センター 加速器基盤研究部 運転技術チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

申請者は仁科加速器研究センターの重イオン加速器施設 RI ビームファクトリー (RIBF) の建設、運転、性能向上に携わってきた。加速器科学の世界においても大規模数値シミュレーションの重要性は益々高まっている。具体的には、設計時における、有限要素法を用いた精密な電磁場解析、加速器内におけるビームの挙動を解析する多粒子シミュレーション、施設の放射線安全性の検討に必須の物質中における重イオンおよび二次粒子の輸送計算などは多大な計算資源を必要とする。また施設稼働時においてはリアルタイムなビーム挙動解析とその結果を用いた運転パラメータの最適化なども並列計算に馴染む。米国においてはペタスケールのコンピュータを用いて加速器科学における予測精度を飛躍的に高めるプロジェクト ComPASS が進行中であり、RIBF としても同等以上のクオリティを確保すべく本課題を申請した。

2. 具体的な利用内容、計算方法

RIBF 用に自ら作成したサイクロトロンと呼ばれるタイプの加速器の現実的なシミュレータを MPI で並列化し、高速で計算することによりビームのリアルタイム挙動解析に用いることが第一の目標である。数値計算としてみれば、このコードは有限要素法で計算した現実的電磁場中の多数の粒子の時間発展をルング・クッタ法で数値的に解くというもので、粒子間相互作用に関しては粒子-メッシュ法で取り扱っている。

3. 結果

昨年実施したテスト計算において多粒子シミュレーションコードの超並列計算機上におけるスケラビリティやスカラーチューニング等に関して作業が終わり、256 並列で計算速度が約 250 倍になることを確認した。第一目標に掲げるリアルタイムの RIBF のビーム挙動解析に関しては、RICC の現在の稼働状況から個人所有の PC クラスタの方が早く結果が出るのが明らかとなった。この状況は今後も変わることはないと思われるので当面この用途への RICC の利用は考えないこととした。一方、多粒子相関を入れたコードの高度化を PC クラスタ上で行っているが、こちらは計算時間が長い RICC の性能が活かせる可能性があり、プログラムの並列化試験が完了次第 RICC 上で試験を実施する予定である。

4. まとめ

本課題で目指したほぼリアルタイムの RIBF のビーム挙動解析は原理的に実現可能であることが明らかとなったが、現在の RICC の稼働状況は (当初から予想されてはいたが) この様な利用形態には適しておらず、実際の解析には用いなかった。PC クラスタと RICC 簡易利用の計算能力比は約 16 倍であるが、現実の用途においては PC クラスタの方が使い勝手が良いと判断している。

5. 今後の計画・展望

大強度ビームにおいては加速粒子間の相関は本質的であり、このタイプの計算は PC クラスタで 1 日程度を要するため、現在の状況でも RICC の利用に大きなメリットがある可能性がある。現在 PC 上で行っている並列化作業を早期に完了し、

平成 22 年度 RICC 利用報告書

来年度試験を行い RICC 利用の有効性について判断したいと考えている。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況

本年度は RICC を用いたビームの解析は上記の理由から殆ど実施しなかった。しかしながら、多粒子相関を考慮した大規模計算に関して PC クラスタと RICC でその実際上のパフォーマンス比較を行いたいので来年度は継続を御願いたい。RICC において顕著なメリットが認められなければ現在の稼働状況を鑑み計算は PC クラスタで行うこととする。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

そもそも今年度は多粒子シミュレーションコードを用いた解析結果を外部に発表していないため。また、実際の解析は個人所有の PC クラスタで実施しているため。